วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 5 (1): 33 - 52 (2564)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะสังคมพืชและปัจจัยดินของป่าเต็งรังแคระป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่

ปรัชญาภรณ์ ศรีคุณ[1,2] รุ่งรวี ทวีสุข[1]
พิทักษ์ไทย ประโมสี[1] เพชรัตน์ จันทร์แก้ว[2] และ แหลมไทย อาษานอก[3*]

รับต้นฉบับ: 14 มีนาคม 2564 ฉบับแก้ไข: 22 เมษายน 2564 รับลงพิมพ์: 26 เมษายน 2564

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะสังคมพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมสามารถช่วยยกระดับความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการระบบนิเวศป่าไม้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดไม้ต้นภายใต้การแปรผันของปัจจัยดิน ในป่าเต็งรังแคระป้องกันไฟในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ โดยการสุ่มวางแปลงตัวอย่างแบบเจาะจง ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 15 แปลง พร้อมกับเก็บข้อมูลองค์ประกอบชนิดพืชและปัจจัยดิน เพื่อใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดินที่มีผลต่อการปรากฏของพรรณไม้ ผลการศึกษา พบว่า มีชนิดไม้ต้นทั้งหมด 60 ชนิด 54 สกุล 28 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 1,457 ต้น สามารถแบ่งสังคมพืชในพื้นที่ศึกษาออกได้เป็น 3 สังคมย่อย ได้แก่ สังคมเต็ง สังคมรัง และสังคมขันทองพยาบาท โดยสังคมเต็ง พบพรรณไม้ทั้งหมด 34 ชนิด 32 สกุล 19 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 1.70 ชนิดไม้ที่มีความสำคัญ เช่น เต็ง (*Shorea obtusa*) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) และ รัง (*Shorea siamensis*) สังคมรัง พบพรรณไม้ทั้งหมด 34 ชนิด 31 สกุล 18 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 2.59 พบชนิดไม้ที่มีความสำคัญ เช่น รัง ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) และ สะเดาปัก (*Vatica harmandiana*) เป็นต้น และสังคมขันทองพยาบาท พบพรรณไม้ทั้งหมด 49 ชนิด 43 สกุล 24 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.13 พบชนิดไม้ที่มีความสำคัญ เช่น ขันทองพยาบาท (*Suregada multiflorum*) ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) และเสี้ยวเครือ (*Phanera bracteata*) เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบว่าชนิดไม้เด่นในสังคมเต็งถูกกำหนดด้วยฟอสฟอรัส ชนิดไม้เด่นในสังคมรังถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียว โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน และปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนชนิดไม้เด่นในสังคมขันทองพยาบาทถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทรายและเป็นสังคมที่มีการสะสมธาตุอาหารน้อยที่สุด ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าการป้องกันไฟป่าในพื้นที่เป็นระยะเวลานาน สามารถทำให้องค์ประกอบของสังคมพืชป่าเต็งรังแคระเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากการเพิ่มพูนของการสะสมธาตุอาหารในดิน ดังนั้นการป้องกันไฟช่วยส่งเสริมการสะสมธาตุอาหารในดินและมีส่วนเร่งให้เกิดการตั้งตัวของชนิดพืชไม่ผลัดใบในสังคมมากขึ้น

คำสำคัญ : ความหลากหลายไม้ต้น การป้องกันไฟป่า การเปลี่ยนแปลงสังคมพืช พื้นที่ป่าอนุรักษ์

[1]สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
[2]สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 (แพร่), กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, แพร่ 54000
[3]สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
*** ผู้รับผิดชอบบทความ**: Email: lamthainii@gmail.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 5 (1): 33 - 52 (2564)

ORIGINAL ARTICLE

Vegetation community characteristics and edaphic factors in 40 years fire protection of dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi Forest Park, Phrae Province

Prudchayaporn Srikoon[1, 2], Rungrawee Taweesuk[1],
Pitakthai Pramosee[1], Petcharat Chankaew[2], and Lamthai Asanok[3*]

Received: 14 March 2021 Revised: 22 April 2021 Accepted: 24 April 2021

ABSTRACT

The study of plant community characteristics related to environmental factors may help emphasize of forest ecosystem management. This study is aimed to study the structure and species composition of trees based on edaphic factor gradient in the fire prevention dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi forest park, Phrae province. Fifteen plots with size 20 m x 20 m based on purposive sampling were set up. Species composition and soil nutrients were collected to analyze the relationship between plant community and soil factors. The result showed that, 60 species 54 genera and 28 family of all 1,457 trees. The cluster analysis showed 3 sub-community: *Shorea obtusa* community (SOC), *Shorea siamensis* community (SSC), and *Suregada multiflorum* community (SMC). The SOC showed that 34 species 32 genus from 19 family and species diversity index was 1.70, the important species such as *Shorea obtusa*, *Dipterocarpus obtusifolius*, and *Shorea siamensis*. The SSC showed that 34 species 31 genus from 18 family and species diversity index was 2.59, the important species such as *Shorea siamensis*, *Pterocarpus macrocarpus*, and *Vatica harmandiana*. The SMC showed 49 species 43 genus from 24 family and species diversity index was 3.13, the important species such as *Suregada multiflorum*, *Cratoxylum cochinchinense*, and *Phanera bracteate*. The dominant species of SOC positively determined by phosphorus. While, species composition of SSC community was determined by clay texture and soil nutrients such as potassium, magnesium, calcium, nitrogen, and organic matter. Simultaneously, the dominant species of SMC community were controlled by sand texture, and it had lowest nutrients deposition compare to others. The result suggested that after long-term of forest fire protection, causing the trees species composition changed from the dwarf deciduous dipterocarp forest based on increasing of soil nutrient accumulation. Thus, fire protection leads to high soil nutrient accumulative which induced high establishment of evergreen species into the community.

Keywords: species diversity, forest fire preventing, plant community changing, protected area

[1]Department of Forest Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140

[2]Protected Area Administration office (Phrae), Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Phrae 54000

[3]Department of Agroforestry, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140

***Corresponding author**: E-mail: lamthainii@gmail.com

คำนำ

ป่าเต็งรังแคระ (dwarf deciduous dipterocarp forest) เป็นสังคมย่อยของป่าเต็งรังซึ่งเป็นสังคมพืชรูปแบบหนึ่งของป่าผลัดใบที่พบในประเทศไทย พบในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างรุนแรงมาก ๆ เช่น ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และแล้งจัด เป็นต้น มักปรากฏบริเวณสันเขาที่แห้งแล้งจัด โดยปกติพบมากในทางภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย (Santisuk, 2012) ส่วนใหญ่สังคมพืชชนิดนี้ประกอบด้วย 2 ชั้นเรือนยอด ซึ่งแยกออกจากกันค่อนข้างยาก โดยเรือนยอดชั้นบนสูงไม่เกิน 15 เมตร ชนิดไม้เด่นมักมีลำต้นลักษณะคดงอ แคระแกร็น พรรณไม้ดัชนีคือไม้วงศ์ยางผลัดใบ (deciduous Dipterocapaceae) ซึ่งมักพบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปใน 5 ชนิดหลัก คือ เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Shorea siamensis*) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatns*) กราด (*Dipterocarpus intricatus*) เป็นต้น (Marod and Kutintara, 2009) ปัจจัยจำกัดที่สำคัญของป่าเต็งรังแคระ ได้แก่ ช่วงฤดูกาลที่แห้งแล้งยาวนาน 3-4 เดือน ดินเลวที่ขาดธาตุอาหารอย่างรุนแรง มีหินปะปนเป็นจำนวนมาก และมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำ เนื่องจากป่าเต็งรังแคระเป็นสังคมพืชถาวรที่มีไฟป่าเป็นตัวกำหนด (pyric limiting factor) กล่าวคือถ้าไม่มีไฟป่าสังคมพืชจะเกิดการเปลี่ยนลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดพรรณพืชจนกลายเป็นสังคมพืชอื่นในที่สุด (Cooling,1968; Stott, 1986) นอกจากนั้นป่าเต็งรังที่ถูกควบคุมไฟป่าเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีเศษซากพืชปกคลุมพื้นดินเป็นจำนวนมากจนทำให้ประสิทธิภาพการเจริญทดแทนของไม้วงศ์ยางลดลง เนื่องจากเมล็ดของชนิดไม้เหล่านี้มีปีกจึงทำให้ไม่สามารถร่วงหล่นลงสู่พื้นดินได้ และจะฝ่อและแห้งตายไปในที่สุดเนื่องการมีชีวิตของเมล็ดไม้วงศ์ยางมีระยะสั้นคือประมาณ 15 วัน หลังจากร่วงหล่นลงบนพื้นเท่านั้น (Marod *et al*., 2002; Chong *et al*. 2016) นอกจากนั้นกล้าไม้และลูกไม้ของชนิดไม้เด่นในป่าชนิดนี้มักอ่อนแอลงเพราะโรคและแมลงเนื่องจากมีการสะสมความชื้นในดินมากเกินไปโดยเฉพาะในฤดูฝน เนื่องจากชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรังมักมีการปรับตัวให้ทนทานต่อความแห้งแล้งจึงไม่ทนทานต่อสภาพที่ชื้นจัด (Marod *et al*., 2004) อีกทั้งการป้องกันไฟในป่าเต็งรังเป็นเวลายาวนานมักทำให้ชนิดไม้พุ่มที่ไม่ผลัดใบตั้งตัวได้อย่างหนาแน่นยิ่งขึ้น (Pairuang *et al* ,2020) ส่งผลให้เกิดการบดบังแสงแสงทำให้กล้าไม้ของชนิดไม้เด่นเสื่อมโทรมลงและตายไปในที่สุด เนื่องจากชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรังล้วนแต่เป็นชนิดที่ต้องการแสงมากทั้งสิ้น (Tripathi and Raghubanshi, 2014) และถ้าหากมีการป้องกันไฟในป่าเต็งรังเป็นเวลานานมากขึ้นเรื่อย ๆ จนส่งผลให้สภาพภูมิอากาศเฉพาะถิ่นเปลี่ยนไปจนทำให้ชนิดไม้ดั้งเดิมไม่สามารถตั้งตัวได้และเป็นการเปิดโอกาสให้ชนิดไม้อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ไม้ดัชนีของป่าเต็งรังขึ้นแทนที่ได้ในที่สุด เช่น การศึกษาของ Bunyavejchewin *et al*. (2020) พบว่าเมื่อป้องกันไฟในป่าเต็งรังเป็นเวลานานจะทำให้ไม้ติ้วซึ่งเป็นไม้ที่ชอบความชื้นมากกว่าสามารถเจริญทดแทนในพื้นที่ได้มากยิ่งขึ้น

นอกจากไฟป่าแล้วดินยังเป็นปัจจัยจำกัดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการกำหนดลักษณะสังคมพืชของป่าเต็งรัง โดยเฉพาะดินในป่าเต็งรังแคระนั้นมีลักษณะเป็นดินเลวที่ขาดความอุดมสมบูรณ์

อย่างรุนแรง กล่าวคือมีลักษณะเป็นดินทรายจัดมีกรวดสะสมอยู่มาก จึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารในดินได้ง่าย (Sakurai *et al*., 1998) ซึ่งความแปรผันของอนุภาคดินนี้ย่อมมีอิทธิพลอย่างมากต่อการปรากฏขององค์ประกอบชนิดไม้ในสังคมป่าเต็งรังแคระเช่นกัน (Cooling ,1968) นอกจากนั้นการที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์วัตถุต้นกำเนิดของดินถือว่ามีส่วนสำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติดิน (Gray and Murphy, 1999) แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือมีการจัดการโดยมนุษย์ย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติดินได้เช่นเดียวกัน (Eghdami *et al*., 2019) เช่น การศึกษาของ Sakurai *et al*. (1998) พบว่า หากมีการป้องกันไฟในพื้นที่ป่าเต็งรังเป็นเวลานานส่งผลให้ดินมีซากพืชปกคลุมจนมีความชื้นสูงก่อให้เกิดการย่อยสลายซากพืชได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้ธาตุอาหารในดินของป่าเต็งรังเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินดังกล่าวสามารถชักนำให้พืชที่ไม่ใช่ไม้สำคัญในป่าเต็งรังสามารถเข้ามาตั้งตัวได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นร่องเขาหรือพื้นที่ลุ่มต่ำ แสดงให้เห็นว่าการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินได้เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชในที่สุด อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการป้องกันไฟในป่าเต็งรังเวลานานและสมบัติดินส่วนใหญ่มักศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรังที่อุดมสมบูรณ์ เช่น Bunyavejchewin *et al*. (2012) ศึกษาที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง Sakurai *et al*. (1998) ศึกษาที่สถานีวิจัยสะแกราชซึ่งเป็นพื้นที่รอยเชื่อมต่อของป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ Pairuang *et al*. (2020) ศึกษาในส่วนพฤกษศาสตร์สกุโณทยาน เป็นต้น แต่ในประเทศยังไม่ได้มีการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานในพื้นที่ป่าเต็งรังแคระแต่อย่างใด ดังนั้นจึงควรมีการเร่งศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่ป่าดังกล่าวเพื่อประโยชน์ในด้านการจัดการป่าเต็งรังที่มีไฟเป็นปัจจัยจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วนอุทยานแพะเมืองผี เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์และยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดแพร่ ซึ่งอยู่ในความดูแลของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช โดยพื้นที่ป่าของวนอุทยานแพะเมืองผีถูกปกคลุมด้วยป่าเต็งรังแคระ และพื้นที่แห่งนี้จำเป็นต้องป้องกันและควบคุมไฟป่าอย่างเข้มข้นตามนโยบายการลดมลพิษทางอากาศของรัฐบาล จึงเป็นเหตุให้พื้นที่ป่าเต็งรังแคระบริเวณแพะเมืองผีถูกป้องกันไฟจนถึงปัจจุบันเป็นเวลานานกว่า 40 ปี (Phae Muang Phi, 2019) จนเป็นเหตุให้สังคมพืชป่าเต็งรังแคระบริเวณแพะเมืองผีต่างไปจากเดิม แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสังคมพืชในพื้นที่แห่งนี้อย่างจริงจัง จึงได้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะสังคมพืชภายหลังจากที่มีการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานาน โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงการปรากฏของสังคมพืชตามการแปรผันของคุณสมบัติดิน เพื่อเป็นประโยชน์และสร้างความเข้าใจในการจัดการระบบนิเวศป่าเต็งรังแคระในพื้นที่อุทยานแพะเมืองผีให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังอาจใช้เป็นแนวทางในการจัดการป่าเต็งรังที่มีไฟเป็นปัจจัยจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ดำเนินการในวนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ (Figure 1) มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 167 ไร่ (26.72 เฮกแตร์) ครอบคลุมพื้นที่ตำบลน้ำชำ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ระดับสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ระหว่าง 180 ถึง 210 เมตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นสันเขาเตี้ย ๆ สลับกับร่องห้วย และปรากฏพื้นที่ราบต่ำในฝั่งทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ (Phae Muang Phi, 2019) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,046.1 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส (Phrae Meteorological Station, 2015) ปกคลุมด้วยสังคมพืชป่าเต็งรัง พรรณไม้ที่พบได้แก่ ยางเหียง พะยอม (*Shorea talura*) งิ้ว (*Bombax anceps*) เปล้าแพะ *(Croton acutifolius*) สะแก (*Cananga brandisiana*) ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) และมีการปลูกต้นไม้เพิ่มเติม ได้แก่ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) กัลปพฤกษ์ (*Cassia bakeriana*) หางนกยูง (*Delonix regia*) วนอุทยานแพะเมืองผีเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของจังหวัดแพร่ ปรากฏเสาดินรูปร่างประหลาดท่ามกลางป่าเต็งรัง คาดการณ์อายุของดินว่าอยู่ในยุค Quaternary ซึ่งเป็นยุคค่อนข้างใหม่ มีอายุตั้งแต่ 15 ล้านปี จนถึงปัจจุบัน ลักษณะการเกิดของเสาดินเกิดจากหินเซมิคอนโซลิเดเตด (Semiconsolidatged) คือ หินที่ยังแข็งตัวไม่เต็มที่ประกอบด้วยชั้นดินทราย (Siltstone) ชั้นหินทราย (Sandstone) สลับกันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นมีความต้านทานต่อการผุพังไม่เท่ากัน (Phae Muang Phi, 2019) และในพื้นที่แห่งนี้ได้ดำเนินการป้องกันไฟป่าอย่างเข้มข้นภายใต้นโยบายของรัฐบาล เป็นระยะเวลา 40 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน (Phae Muang Phi, 2019)

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ทำการคัดเลือกบริเวณที่เป็นสังคมพืชป่าเต็งรังแคระที่ปรากฏในบริเวณวนอุทยานแพะเมืองผี หลังจากนั้นทำการวางแปลงตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยพิจารณาวางแปลงให้ครอบคลุมทุกลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ บริเวณที่เป็นสันเขา ร่องห้วย และที่ราบต่ำ แล้ววางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ตามวิธีการของ Laing *et al*. (2019) จำนวน 15 แปลง รวมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด เท่ากับ 0.6 เฮกตาร์ (ภาพที่ 1) แล้วทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร นอกจากนั้นภายในบริเวณกึ่งกลางของแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร และทำการวางแปลงย่อยขนาด 5 เมตร x 5 เมตร แล้วเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดพรรณพืชของไม้ต้นทุก ๆ แปลงย่อย โดยการบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ลูกไม้ (sapling) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก < 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และ กล้าไม้ (seedling) คือ กล้าไม้ต้นที่มีความสูง < 1.30 เมตร โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ใหญ่ทุกชนิดที่ปรากฏภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร และทำการนับจำนวนลูกไม้และกล้าไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 5 เมตร x 5 เมตร

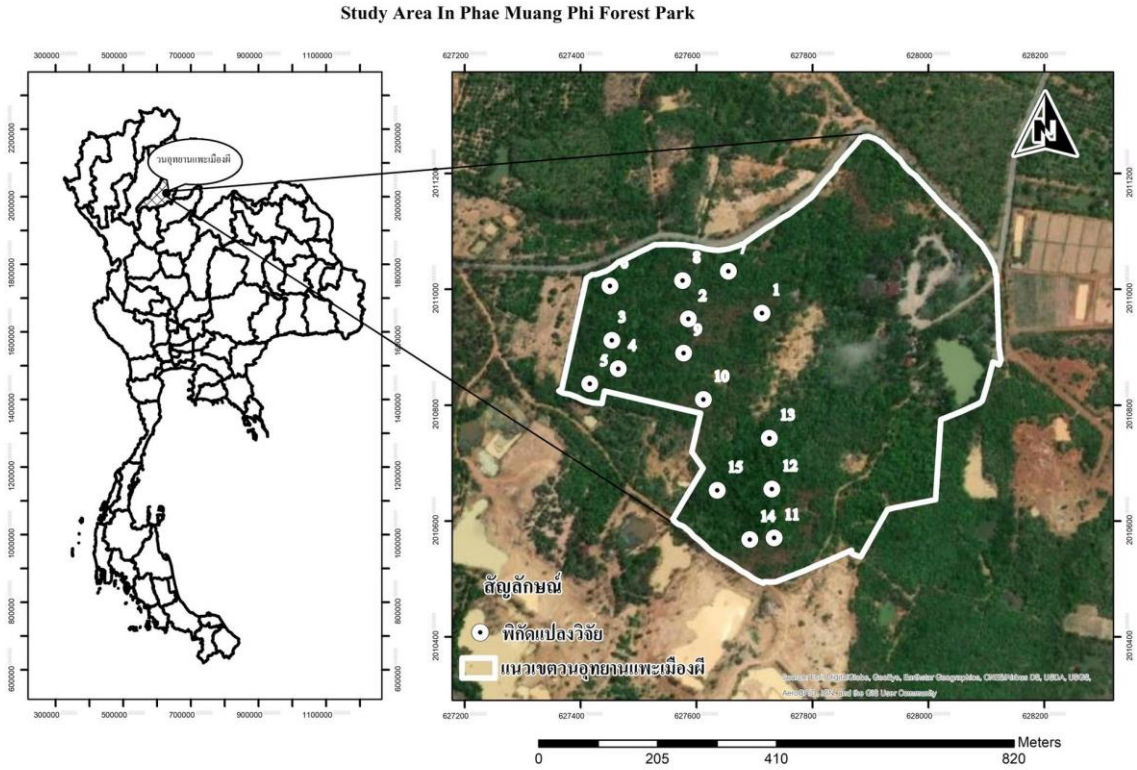

Figure 1 Boundary and location of sampling plots in Phae Muang Phi Forest Park, Phrae province.

พร้อมทำการจำแนกชนิดโดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma and Suddee (2014) เก็บข้อมูลระหว่างเดือนธันวาคม 2562 –ธันวาคม 2563

2.2 การเก็บข้อมูลดิน โดยสุ่มขุดตัวอย่างชั้นผิวดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร ภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ทุกแปลงจำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลาง และมุมทั้ง 4 โดยเก็บแบบทำลายโครงสร้างดินแล้วทำการคลุกเคล้าตัวอย่างดินทั้ง 5 จุดให้เข้ากัน เพื่อวิเคราะห์หาอนุภาคดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) ดินทรายแป้ง (silt) ดินเหนียว (clay) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ณ ห้องปฏิบัติการคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) เพื่อหาสังคมย่อยของป่าเต็งรังแคระ โดยใช้ค่าความหนาแน่นของชนิดไม้ใหญ่ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร มาใช้จำแนกสังคม (Community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (Dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent and Coker, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune and Mefford, 2010)

3.2 ค่าเชิงปริมาณทางสังคมของไม้ใหญ่วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod and Kutintara (2009) โดยหาค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (importance value index, IVI) ได้จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้น/เฮกแตร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (dominance, Do: ตร.ม./เฮกแตร์) และความถี่ (frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพัทธ์ของทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพัทธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ใหญ่ ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ หมายถึง ผลรวมของจำนวนต้นของลูกไม้และกล้าไม้ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างเดียวกัน แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสำคัญ โดยใช้ผลรวมของคุณสมบัติ 2 ลักษณะ คือความหนาแน่น และความถี่ เพื่อหาค่าความสัมพัทธ์ของทั้งสองค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพัทธ์ทั้งสองค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของลูกไม้/กล้าไม้ นอกจากนั้นวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากชนิดของ Shannon-Wiener index (H') (Magurran, 1988)

3.3 ทดสอบความแปรปรวนของสมบัติดินในแต่ละสังคมย่อยที่ได้จากการจัดกลุ่มหมู่ไม้ โดยนำค่าต่าง ๆ ของสมบัติดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) ดินทรายแป้ง (silt) ดินเหนียว (clay) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) มาทดสอบด้วยสถิติ ANOVA โดยโปรแกรม SPSS version 14.0

3.4 การจัดลำดับ (ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับคุณสมบัติดิน โดยใช้ค่าความหนาแน่นของไม้ใหญ่แต่ละชนิดในแต่ละแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร เป็นเมทริกหลัก (main matrix) กับคุณสมบัติดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินทรายแป้ง (silt) อนุภาคดินเหนียว (clay) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ให้เป็นเมทริกรอง (second matrix) โดยใช้วิธี Canonical correspondence analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune and Mefford, 2010)

ผลและวิจารณ์

1. การจำแนกสังคมย่อยป่าเต็งรังแคระ

การจำแนกสังคมพืชของป่าเต็งรังแคระบริเวณอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ โดยจัดกลุ่มหมู่ไม้ที่ความคล้ายคลึง 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มสังคมพืชป่าเต็งรังออกเป็น 3 สังคมย่อย ได้แก่ 1) สังคมเต็ง (*Shorea obtusa community*, SOC) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ D1, D2, D9, D10, D11 และ D14 2) สังคมรัง (*Shorea siamensis* community; SSC) หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ D7 D8 และ D15 3) สังคมขันทองพยาบาท (*Suregada multiflorum community*, SMC) หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ D3, D4, D5, D6, D12 และ D13 (Figure 2)

2. ความหลากหลายและองค์ประกอบชนิด

สังคมเต็ง ประกอบด้วยพรรณไม้ 34 ชนิด 32 สกุล 19 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2,755 ต้น/เฮกตาร์ และ 24.18 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 1.70 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มี

ค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก คือ เต็ง ยาง เหียง รัง ประดู่ และกระบก (*Irvingia malayana*) (Table 2) ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ พบ 39 ชนิด 35 สกุล 20 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ เท่ากับ 59,867 ต้น/เฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 1.86 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ เหมือดแอ กระทุ่มเนิน เข็มใหญ่ เต็ง ยางเหียง (Table 2)

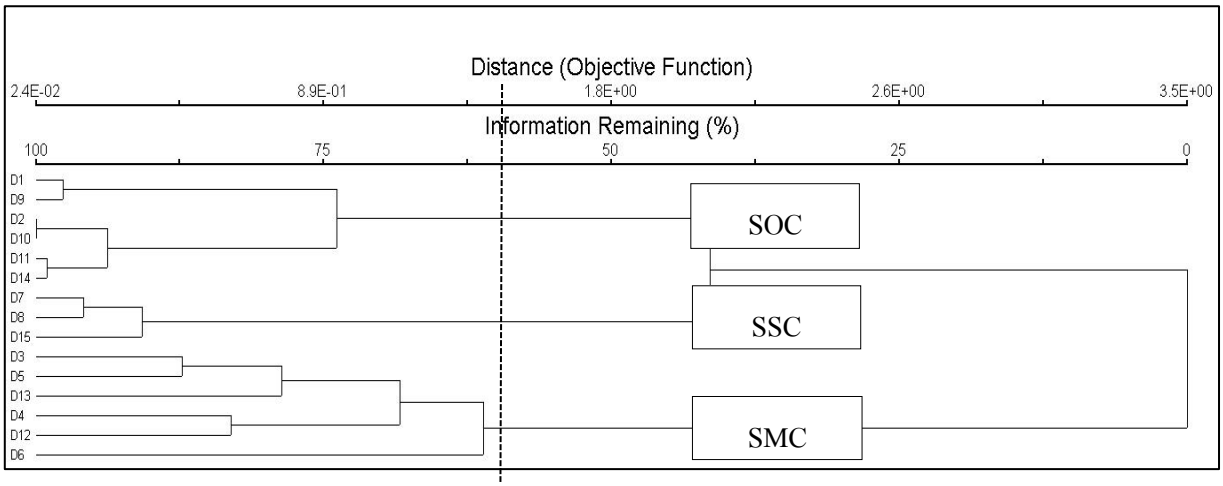

Figure 2 The dendrogram of stand clustering at Phae Muang Phi Forest Park, Phrae province.

สังคมรัง ประกอบด้วยพรรณไม้ 34 ชนิด 31 สกุล 18 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2,875 ต้น/เฮกตาร์ และ 23.48 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 2.59 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ รัง ประดู่ สะเดาปัก (*Vatica harmandiana*) เต็ง และเสี้ยวเครือ (Table 2) ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ พบ 29 ชนิด 27 สกุล 17 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้เท่ากับ 39,066 ต้น/เฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 2.29 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ เหมือดแอ สะเดาปัก เข็มใหญ่ ค่างเต้น เปล้าแพะ (Table 2)

สังคมขันทองพยาบาท ประกอบด้วยพรรณไม้ 49 ชนิด 43 สกุล 24 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ และ 1,875 ต้น/เฮกตาร์ และ 19.72 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 3.13 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ขันทองพยาบาท (*Suregada multiflorum*) ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinenea*) เสี้ยวเครือ ประดู่ และกัดลิ้น (*Walsura pinnata*) (Table 2)

Table 1 Plant community characteristics of dwarf deciduous dipterocarp forest in each sub-community; *Shorea obtusa*, *Shorea siamensis*, and *Suregada multiflorum* community at Phae Muang Phi Forest Park.

Community characters	Sub-Community		
	Shorea obtusa	***Shorea siamensis***	***Suregada multiflorum***
Tree			
Number of species	34	34	49
Shannon-Weiner index	1.7	2.59	3.13
Basal area (m^2 ha^{-1})	24.18	23.48	19.72
Stem density (stems ha^{-1})	2,755	2,875	1,875
Seedling/sapling			
Number of species	39	29	33
Shannon-Weiner index	1.86	2.29	1.66
Stem density (stems ha^{-1})	59,867	39,066	84,266

ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ พบ 33 ชนิด 29 สกุล 21 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ 84,266 ต้น/เฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 1.66 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคม โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ เหมือดแอ ค่างเต้น เข็มใหญ่ ขันทองพยาบาท และเปล้าแพะ (Table 2)

สังคมย่อยเต็ง มีไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดใน 5 อันดับแรกเป็นไม้ดัชนี 3 ชนิด คือ เต็ง ยางเหียง และรัง แสดงว่ายังคงสภาพป่าเต็งรังดั้งเดิม โดยมี เต็ง มีค่าความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด และความหนาแน่น และมีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดถึง 125.79 แสดงว่าในสังคมย่อยแห่งนี้มีหมู่ไม้เต็งปรากฏอย่างเด่นชัด และสังคมนี้ปรากฏดัชนีความหลากชนิดต่ำสุด ซึ่งในพื้นที่แพะเมืองผีมักพบสังคมย่อยชนิดนี้ปรากฏอยู่บริเวณสันเขา มีลักษณะเป็นดินลูกรังอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับ รายงานของ Sahunalu (1998) ป่าเต็งรังบริเวณสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ในบริเวณที่มีเต็งเป็นไม้เด่นมักจะปรากฏบริเวณที่สูงกว่าสังคมอื่น ๆ และมักจะปรากฏค่าดัชนีความหลากชนิดต่ำกว่าสังคมป่าเต็งรังอื่น ๆ ที่ขึ้นในบริเวณเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดจะเห็นว่าสังคมย่อยเต็งมีค่าสูงกว่า สังคมอื่น ๆ อาจเป็นเพราะลักษณะสภาพแวดล้อมที่แพะเมืองผีมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นเต็งซึ่งเป็นสังคมดั้งเดิมของพื้นที่แห่งนี้แต่เมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้/กล้าไม้

Table 2 Top five ranking based on IVI of tree and seedling/sapling in each sub-community at Phae Muang Phi Forest Park, including relative dominance (RDo, %), relative density (RD, %), and relative frequency (RF, %).

Sub-community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
Shorea obtusa	**Tree**	1. *Shorea obtusa*	56.55	62.18	7.06	125.79
		2. *Dipterocarpus obtusifolius*	10.06	7.26	4.71	22.03
		3. *Shorea siamensis*	7.13	6.96	7.06	21.15
		4. *Pterocarpus macrocarpus*	5.63	5.14	5.88	16.66
		5. *Irvingia malayana*	4.21	1.97	5.88	12.06
	Seedling/	1. *Memecylon scutellatum*	-	60.69	6.58	67.27
	Sapling	2. *Mitragyna rotundifolia*	-	4.90	7.89	12.79
		3. *Ixora* sp.	-	2.56	7.89	10.46
		4. *Shorea obtusa*	-	3.12	6.58	9.70
		5. *Dipterocarpus obtusifolius*	-	4.90	3.95	8.85
Shorea siamensis	**Tree**	1. *Shorea siamensis*	24.53	14.78	5.08	44.40
		2. *Pterocarpus macrocarpus*	18.95	17.68	5.08	41.71
		3. *Vatica harmandiana*	11.54	17.39	5.08	34.01
		4. *Shorea obtusa*	11.35	12.17	5.08	28.61
		5 .*Phanera bracteata*	5.15	8.99	5.08	19.22
	Seedling/	1. *Memecylon scutellatum*	-	41.64	6.82	48.46
	Sapling	2. *Vatica harmandiana*	-	12.63	4.55	17.17
		3. *Ixora* sp.	-	8.19	6.82	15.01
		4. *Canthium glabrum*	-	5.12	6.82	11.94
		5. *Croton acutifolius*	-	4.78	6.82	11.60
Suregada multiflorum	**Tree**	1. *Suregada multiflorum*	11.07	13.11	4.65	28.83
		2. *Cratoxylum cochinchinenea*	10.05	9.11	4.65	23.81
		3. *Phanera bracteata*	6.40	11.78	4.65	22.83
		4. *Pterocarpus macrocarpus*	10.73	7.11	4.65	22.49
		5. *Walsura pinnata*	6.05	10.89	4.65	21.59
	Seedling/	1. *Memecylon scutellatum*	-	49.29	8.70	57.98
	Sapling	2. *Canthium glabrum*	-	22.31	4.35	26.66
		3. *Ixora* sp.	-	13.37	8.70	22.07
		4. *Suregada multiflora*	-	2.22	7.25	9.46
		5.*Croton acutifolius*	-	1.90	7.25	9.15

กลับพบว่าเต็งและยางเหียง สามารถตั้งตัวได้น้อยกว่า เหมือดแอ กระทุ่มเนิน และเข็ม ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้เป็นไม้ชั้นรองและไม้ชั้นล่างของป่าเต็งรัง (Marod and Kutintara, 2009) อาจเนื่องมาจากพื้นที่แห่งนี้ถูกป้องกันไฟมาเป็นระยะเวลายาวนานเป็นเหตุให้พื้นป่าถูกปกคลุมด้วยซากพืชจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการงอกของชนิดไม้วงศ์ยางเนื่องจากผลมีปีกจึงทำให้ไม่สามารถหล่นลงสู่พื้นดินได้ (Marod *et al*., 2002) จึงเป็นเหตุให้ชนิดไม้พุ่มหรือไม้ชั้นรองที่สามารถทนร่มได้ขึ้นมาตั้งตัวแทนที่ชนิดไม้เด่นในสังคม (Pairuang *et al*., 2020; Bunyavejchewin *et al*., 2016) เห็นได้จากการปรากฏค่าจำนวน และดัชนีความหลากชนิด สูงขึ้นมาในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมย่อยอื่น ๆ

สังคมย่อยรัง ในพื้นที่แพะเมืองผีมักปรากฏตามร่องห้วย พบไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรกได้แก่ รัง ประดู่ สะเดาปัก เต็ง และเสี้ยวเครือ เป็นชนิดไม้เด่นในห้าอันดับแรก แต่เมื่อพิจารณาให้ดีจะสังเกตเห็นว่าค่าดัชนีความสำคัญของรังซึ่งเป็นชนิดไม้ที่มีความสำคัญอันดับแรก มีค่าใกล้เคียงกับประดู่และสะเดาปัก นั่นหมายความว่ารังไม่ปรากฏความโดดเด่นในสังคม หรืออาจจะขึ้นปะปนกับพรรณไม้ชนิดอื่นจนทำให้สังเกตได้ยากซึ่งแตกต่างจากสังคมเต็ง นอกจากนั้นประดู่ที่มีความสำคัญระดับสองมีค่าใกล้เคียงกับรังมากถึงแม้ว่าประดู่จะพบได้ในป่าเต็งรังแต่โดยส่วนใหญ่แล้วประดู่มักจะถูกจัดเป็นไม้ดัชนีในป่าผสมผลัดใบ (Marod and Kutintara, 2009) นั่นแสดงว่าชนิดไม้ป่าผสมผลัดใบเริ่มรุกเข้ามาในพื้นที่ และยิ่งกว่านั้นสะเดาปัก ซึ่งเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบ เนื่องจากไม้ชนิดนี้มักชอบอยู่ในที่มีความชื้น พบในป่าดิบแล้ง และป่าดิบชื้น (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) เข้ามาตั้งตัวในลำดับที่สามแสดงให้เห็นว่าสังคมย่อยรังเริ่มมีทั้งชนิดไม้ป่าเต็งรังและป่าดิบเข้ามาทดแทนในพื้นที่ และการรุกล้ำของชนิดไม้ในสังคมอื่นเข้ามาในพื้นที่นี้เองที่ทำให้ความหนาแน่นของหมู่ไม้มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมอื่น และเมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้/กล้าไม้ จะเห็นว่าชนิดไม้ที่ตั้งตัวได้ในระดับต้น ๆ ไม่ปรากฏไม้ดัชนีอยู่เลย แต่กลับเป็นกลุ่มไม้พุ่ม เช่น เหมือดแอ เข็ม และเปล้า เป็นต้น แต่ที่น่าสังเกตคือสะเดาปักซึ่งเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบกลับตั้งตัวได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าในสังคมย่อยแห่งนี้สะเดาปักประสบความสำเร็จในการตั้งตัวทั้งในระดับไม้ต้น ลูกไม้ และกล้าไม้ จึงเป็นเครื่องยืนยันได้อย่างชัดเจนว่าป่าเต็งรังเมื่อมีการป้องกันไฟเป็นเวลานานนั้นส่งผลให้ชนิดไม้ไม่ผลัดใบ และชนิดไม้พุ่มในสังคมอื่นเข้ามายึดครองพื้นที่แทนที่ไม้ดัชนีของป่าเต็งรัง สอดคล้องกับรายงานการศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรังป้องกันไฟอื่น ๆ ของประเทศ เช่น พื้นที่ป่าเต็งรังกันไฟมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร (Marod *et al*., 2017) ป่าเต็งรังป้องกันไฟป่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (Bunyavejchewin *et al*., 2016) ป่าเต็งรังป้องกันไฟป่า สวนพฤกษศาสตร์สกุโนทยาน (Pairuang *et al*., 2020) และบริเวณแนวรอยต่อป่าเต็งรังกับป่าดิบแล้ง ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (Boonnam, 2014) เป็นต้น

สังคมขันทองพยาบาท ในพื้นที่แพะเมืองผีมักพบตามที่ลุ่มต่ำและมีน้ำท่วมขังในฤดูฝน สังคมพืชชนิดนี้ปรากฏจำนวนชนิดและดัชนี

ความหลากหลายในระดับไม้ใหญ่มีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสังคมเต็งและสังคมรัง อาจเป็นเพราะในพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำและได้รับความชื้นมากกว่าปกติเพราะน้ำท่วมขังจึงเป็นเหตุให้มีชนิดพืชที่หลากหลายทั้งที่ผลัดใบและไม่ผลัดใบสามารถเข้ามาตั้งตัวได้มากยิ่งขึ้นเพราะความชื้นในดินถือเป็นปัจจัยสำคัญในการตั้งตัวของหมู่ไม้โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากความแห้งแล้ง เช่น ป่าเต็งรังและผสมผลัดใบ เป็นต้น (Sakurai *et al*., 1998; Marod *et al*., 2002) เห็นได้จากการปรากฏ ขันทองพยาบาท เป็นชนิดที่มีความสำคัญสูงสุด มีค่าเท่ากับ 28.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นชนิดไม้ที่ไม่ผลัดใบชอบความชื้นสูงมักขึ้นกระจายในป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบชื้น และป่าผสมผลัดใบแล้ง (Bunyavejchewin *et al*., 2016) และเมื่อพิจารณาชนิดที่มีความสำคัญในลำดับรองลงมา ได้แก่ ติ้วเกลี้ยง เสี้ยวเครือ และประดู่ เป็นต้น ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้ล้วนแต่เป็นชนิดไม้เบิกนำของป่าผสมผลัดใบซึ่งมักปรากฏอยู่มากในพื้นที่ที่ถูกรบกวนเช่นพื้นที่ชายป่าเป็นต้น (Asanok *et al*., 2020) โดยเฉพาะ ติ้วเกลี้ยง ถือว่าเป็นชนิดไม้ที่บ่งชี้ถึงผลกระทบที่เกิดจากการป้องกันไฟในป่าเต็งรัง เช่น การศึกษาของ Bunyavejchewin *et al*. (2016) ที่ได้สำรวจสังคมป่าเต็งรัง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบว่าโครงสร้างป่าได้เปลี่ยนไปโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการกันไฟอย่างต่อเนื่องทำให้ไม้สกุลติ้วมีการสืบต่อพันธุ์มากเกินไป ส่วนชนิดไม้ดัชนีของป่าเต็งรังที่ปรากฏในสังคมนี้ คือ รัง ซึ่งมีระดับความสำคัญที่ต่ำมาก แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ป่าเต็งรังที่ได้รับการป้องกันไฟเป็นเวลานานพื้นที่ที่มีความชื้นสูงจะมีผลกระทบต่อการตั้งตัวของไม้ดัชนีของป่าเต็งรังมากกว่าพื้นที่แห้งแล้งเนื่องจากชนิดไม้เด่นในป่าผลัดใบไม่สามารถทนทานต่อความชื้นสูงได้ (Chaturvedi and Raghubanshi, 2018) เมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้/กล้าไม้ พบว่า สังคมพืชนิดนี้มีความหนาแน่นของลูกไม้/กล้าไม้ มากที่สุดแต่มีค่าดัชนีความหลากชนิดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมเต็งและสังคมรัง หมายความว่าในระดับลูกไม้/กล้าไม้ ของสังคมพืชชนิดนี้มีจำนวนชนิดน้อยที่สามารถเข้ามาตั้งตัวได้แต่มีปริมาณมากในแต่ละชนิด อาจเป็นเพราะดินในพื้นที่บริเวณนี้มีความชื้นสูงเพราะการป้องกันไฟเป็นเวลานานรวมถึงเป็นพื้นที่น้ำท่วมขังจึงทำให้กล้าไม้ของชนิดไม้ที่ชอบความชื้นในดินสูงเข้ามาตั้งตัวได้ดี เห็นได้จากการปรากฏ เหมือดแอ เข็มใหญ่ เปล้าแพะ และค่างเต้น เป็นชนิดไม้เด่นในระดับกล้าไม้และลูกไม้ ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้เป็นไม้ชั้นรองหรือไม้พุ่ม ที่ชอบความชื้นและทนร่ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Bunyavejchewin *et al.* (2016) ที่รายงานว่าป่าเต็งรังป้องกันไฟเป็นเวลานานในพื้นที่ห้วยขาแข้งมีไม้พื้นล่างขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น หรือ การศึกษาของ Marod *et al.* (2017) ที่รายงานว่าป่าเต็งรังป้องกันไฟในพื้นที่ลุ่มต่ำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร มีกล้าไม้ที่ชอบความชื้น เช่น อะราง และติ้ว เข้ามายึดครองพื้นที่และเป็นไม้เด่นในป่าเต็งรังป้องกันไฟได้ นอกจากนั้นสังคมย่อยแห่งนี้ไม่ปรากฏลูกไม้/กล้าไม้ ของชนิดไม้วงศ์ยางที่เป็นดัชนีของป่าเต็งรังเลย แสดงให้เห็นว่าในสภาพแวดล้อมที่ป้องกันไฟมาเป็นเวลานานโดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความชื้นสูงจะทำให้ไม้วงศ์ยางไม่สามารถตั้งตัวได้ทั้งในระดับลูกไม้/กล้าไม้

และไม้ใหญ่ สอดคล้องกับ Marod *et al*. (2017) รายงานว่าการป้องกันไฟในป่าเต็งรัง ซึ่งมีระบบนิเวศพึ่งไฟ (fire dependence ecosystem) เป็นระยะเวลานาน ส่งผลเสียต่อการสืบพันธุ์ของกลุ่มพรรณไม้วงศ์ยางที่เป็นไม้เด่นของป่าชนิดนี้ พรรณไม้วงศ์ยางมีจำนวนประชากรลดลง ทำให้องค์ประกอบของสังคมพืชป่าเต็งรังดั้งเดิมเปลี่ยนแปลง และ Boonnam *et al*. (2014) ศึกษาพื้นที่รอยเชื่อมต่อระหว่างป่าดิบแล้งและป่าเต็งรังบริเวณสถานีวิจัยสะแกราช พบว่าในพื้นที่ป้องกันไฟเป็นเวลานานบริเวณรอยต่อป่าไม้ป่าดิบแล้งสามารถยึดครองพื้นที่ได้ดี เนื่องจากกล้าไม้ป่าดิบแล้งที่ไม่ทนไฟ และการที่มีเศษซากพืชที่มีปริมาณมาก ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ทำให้ไม้ป่าดิบเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ นอกจากนี้การควบคุมไฟป่าเป็นระยะเวลานานสังคมป่าเต็งเร็งเริ่มเปลี่ยนเป็นป่าผสมผลัดใบและพัฒนาเป็นป่าดิบแล้งที่เป็นสังคมดั้งเดิมของพื้นที่ (Winichsorn, 1997; Kutintara, 1994)

3. สมบัติดิน

พบว่า อนุภาคดินมีเพียงปริมาณทรายที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปรากฏในสังคมขันทองพยาบาทมากที่สุด คือ 62.12±5.48 ส่วนธาตุอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละพื้นที่ (Table 3) โดยสังคมรังมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารมากที่สุด ได้แก่ อินทรียวัตถุในดิน ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 2.75±0.65, 0.13±0.03, 70.95±8.06, 349.27±57.59 และ 139.14±11.65 ตามลำดับ (p<0.05 หรือ p<0.01) ในขณะที่สังคมเต็งสะสมฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 6.49±2.51 (p<0.05) ส่วนสังคมขันทองพยาบาทมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมอื่น ๆ (Table 3)

Table 3 Comparing of soil properties between sub- communities; *Shorea obtusa* community (SOC), *Shorea siamensis* community (SSC), *Suregada multiflorum* community (SMC) at Phae Muang Phi Forest Park.

Soil condition	SOC	SSC	SMC	*p*-value
Sand (%)	59.54±6.20^{b}	51.95±0.76^{ab}	62.12±5.48^{a}	0.050
Silt (%)	17.17±2.56	19.00±1.00	16.33±2.94	0.367
Clay (%)	23.21±4.97	28.88±2.00	21.55±4.84	0.112
OM	1.95±0.45^{b}	2.75±0.65^{a}	1.79±0.30^{b}	0.026
N (%)	0.08±0.02^{b}	0.13±0.03^{a}	0.09±0.03^{ab}	0.071
P (mg kg^{-1})	6.49±2.51^{a}	4.08±0.60^{b}	3.37±0.48^{b}	0.020
K (mg kg^{-1})	67.82±15.97^{b}	70.95±8.06^{a}	40.03±10.29^{b}	0.004
Ca (mg kg^{-1})	209.24±79.22^{b}	349.27±57.59^{a}	204.95±64.55^{b}	0.027
Mg (mg kg^{-1})	98.21±27.37^{ab}	139.14±11.65^{a}	67.98±27.35^{b}	0.006

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินและสังคมพืช

จากการจัดลำดับสังคมพืชตามแนวการลดหลั่นของปัจจัยดินด้วยวิธี CCA พบว่าค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) และแกนที่ 2 (axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.617, 0.252 และ 0.155 ตามลำดับ การใช้แกนที่ 1 และ 2 ในการอธิบายผลความสัมพันธ์จึงให้ความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถจัดลำดับสังคมและรวมถึงชนิดไม้เด่นของแต่ละสังคมย่อยตามแนวลดหลั่นของสมบัติดินแตกต่างกันอย่างชัดเจน (Figure 3) ได้แก่ ชนิดไม้เด่นของสังคมเต็ง โดยส่วนใหญ่ถูกกำหนดด้วยปริมาณฟอสฟอรัส เช่น เต็ง (SHOOB) ยางเหียง (DIPOB) ค่างเต้น(CANGL) กระบก (IRVMA) เหมือดและ เหมือดโลด (APOVI) เป็นต้น ชนิดไม้เด่นของสังคมย่อยสังคมรัง เช่น รัง (SHOSI) สะเดาป่า (VATHA) ตะขบป่า (FLAIN) ตะคร้อ (SCHOL) ประดู่ (PTEMA) มะกอกเกลื้อน (CANSU) และ กุ๊ก (LANCO) เป็นต้น ถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียวและมีปริมาณธาตุอาหารหลายชนิด ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน รวมถึงปริมาณอินทรียวัตถุ ส่วนชนิดไม้เด่นของสังคมสังคมขันทองพยาบาท ส่วนใหญ่ถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทราย เช่น ขันทองพยาบาท (SURMU) คันแหลน (FERTA) ติ้วขน (CRACO) แดง (XYLXY) มะหาด (ARTTH) มะเกลือ (DIOMO) ปอแดง (STEGU) และ ยอป่า (MORCO) เป็นต้น (Figure 3)

ชนิดไม้เด่นในสังคมย่อยสังคมเต็งถูกกำหนดด้วยปริมาณฟอสฟอรัส เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดินในสังคมเต็งจะเห็นว่ามีการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสในดินมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมย่อยอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากหินกรวดที่ยังคงหลงเหลือปะปนอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Sonkanha *et al*. 2012 ที่รายงานว่าหน้าดินในพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณสะแกราชมีการสะสมฟอสฟอรัสมากกว่าชนิดอื่น ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกันนั่นเอง นอกจากนั้นการที่สังคมพืชแห่งนี้มีการสะสมฟอสฟอรัสในปริมาณมากอาจเนื่องมากจากการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wattanasuksakul *et al*. (2012) ที่รายงานว่าบริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ ป่าเต็งรังที่ป้องกันไฟมีการสะสมฟอสฟอรัสมากกว่าป่าที่ถูกไฟไหม้เป็นประจำ ดังนั้นชนิดพืชเหล่านี้จึงได้รับฟอสฟอรัสมากกว่าสังคมพืชอื่น ๆ ซึ่งฟอสฟอรัสมีคุณสมบัติต่อพืชคือมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยฟอสฟอรัสช่วยให้รากของพืชแข็งแรง และแผ่กระจายได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งส่งผลให้ลำต้นแข็งแรงตามไปด้วย (Kim and Li, 2016) ด้วยคุณสมบัติข้อของฟอสฟอรัสนี้อาจเป็นเหตุให้หมู่ไม้เหล่านี้สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ที่มีความเค้นสูงของป่าเต็งรังแคระ เช่น สภาพแห้งแล้งจัด และดินขาดธาตุอาหาร เป็นต้น

ชนิดไม้เด่นของสังคมรัง ถูกกำหนดอนุภาคดินเหนียว และปริมาณธาตุอาหารหลายชนิด ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน อาจเป็นเพราะดินของสังคมพืชชนิดนี้ปรากฏอนุภาคดินเหนียวจำนวนมากจึงส่งผลให้เกิดการสะสมธาตุอาหารมากตามไปด้วย เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวจะสามารถเก็บกักธาตุอาหารไว้ในดินได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ

อนุภาคดินทราย และทรายแป้ง (Kome *et al*., 2019) ซึ่งการสะสมธาตุอาหารในดินนอกจากจะเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินแล้วยังขึ้นอยู่กับการย่อยสลายของเศษซากพืชอีกด้วย (Krishna and Mohan, 2017) เนื่องจากสังคมพืชแห่งนี้มักปรากฏอยู่ตามร่องห้วยจึงมีความชื้นอยู่มากกว่าบริเวณอื่น ๆ อาจเป็นเหตุให้ซากพืชเกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้นเนื่องจากความชื้นถือว่าเป็นตัวเร่งในการย่อยสลายของซากพืชเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ชื้นจะมีความเหมาะสมต่อผู้ย่อยสลายมากกว่าในพื้นที่แห้งแล้ง (Wallance *et al*., 2018) ดังนั้นจึงถือได้ว่าชนิดไม้เหล่านี้มีปัจจัยกำหนดมากกว่าหมู่ไม้อื่น ๆ ซึ่งในทางนิเวศวิทยาถือว่าชนิดไม้ที่มีปัจจัยจำกัดจำนวนมากมักจะมีความทนทานทางนิเวศต่ำเนื่องจากมีความอ่อนไหวต่อปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย (Craine *et al*., 2012)

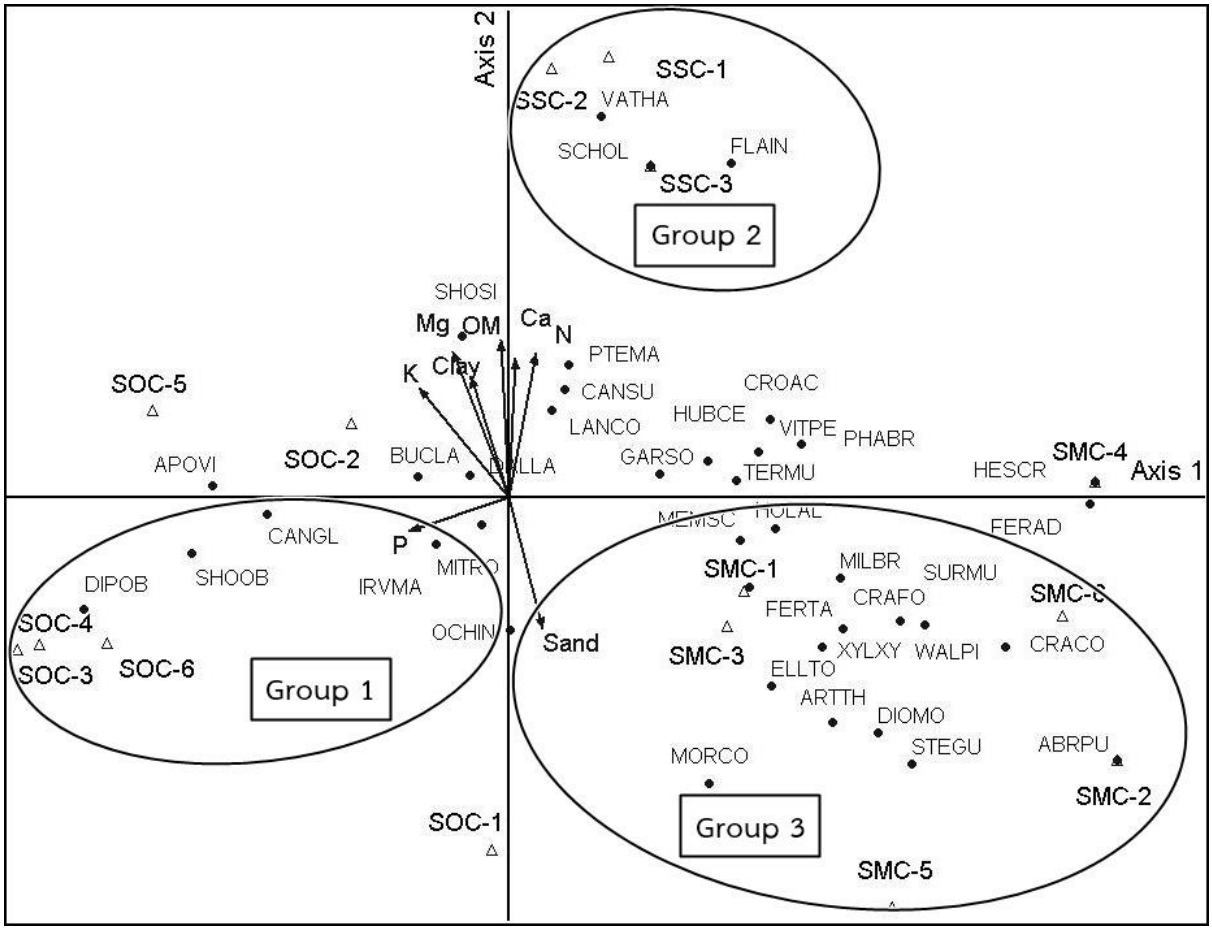

Figure 3 The data analysis showed CCA of Environmental affecting tree species, *Shorea obtusa* sub-community (DDF-SO), *Shorea siamensis* sub-community (DDF-SS), *Suregada multiflorum* sub-community (DEF-SM), in Phae Muang Phi Forest Park

จึงเป็นเหตุให้ชนิดพืชเหล่านี้มีความเฉพาะเจาะจงกับถิ่นอาศัย อาจด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ชนิดไม้ไม่ผลัดใบ เช่น สะเดาปัก สามารถตั้งตัวได้ดีในสังคมพืชชนิดนี้เพราะมีปริมาณธาตุอาหารในดินมากกว่าสังคมพืชอื่น ๆ เนื่องจากสะเดาปักเป็นชนิดไม้เด่นในสังคมป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งชนิดไม้ไม่

ผลัดใบส่วนใหญ่มักจะมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารปริมาณมากกว่าชนิดไม้ผลัดเช่น ชนิดไม้ดัชนีในป่าเต็งรัง เป็นต้น (Mueller *et al*., 2012)

ชนิดไม้เด่นของสังคมขันทองพยาบาทถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทราย เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดินในสังคมพืชแห่งนี้จะเห็นว่ามีอนุภาคดินทรายมากที่สุดแต่ในทางตรงกันข้ามกับมีการสะสมธาตุอาหารในดินน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากพื้นที่แห่งนี้มักปรากฏอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำและมีน้ำท่วมเป็นประจำ เป็นเหตุให้น้ำพัดพาอนุภาคดินทรายซึ่งเป็นอนุภาคดินส่วนใหญ่ของป่าเต็งรังมาทับถมในบริเวณนี้ แต่ในขณะเดียวกันมวลน้ำที่เข้ามาท่วมนี้ก็ทำการพัดพาเอาธาตุในดินอาหารออกไปจากสังคมพืชแห่งนี้ด้วย ดังนั้นปัจจัยจำกัดของชนิดไม้เหล่านี้นอกจากอนุภาคดินทรายที่ทำการศึกษาแล้ว อาจเนื่องมาจากอิทธิพลความชื้นในดินที่เกิดจากการท่วมขังก็เป็นได้ ถึงแม้จะไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้แต่ก็มีงานวิจัยอยู่เป็นจำนวนมากที่ระบุว่าความชื้นจากลำห้วยช่วยแผ่ขยายความชื้นเข้าไปในดินบริเวณใกล้ลำห้วยและส่งผลให้เกิดเป็นสังคมพืชป่าไม่ผลัดใบหรือสังคมพืชริมน้ำขึ้น (เช่น Zhao *et al*., 2020; Poblador *et al*., 2018; Asanok *et al*., 2017) จึงเป็นเหตุให้ขันทองพยาบาท และชนิดไม้ไม่ผลัดใบอื่น ๆ ตั้งตัวได้ดีในสังคมพืชแห่งนี้ และอาจกล่าวได้ว่าในพื้นที่ป่าเต็งรังแคระที่ป้องกันไฟเป็นเวลานานสามารถทำให้ลักษณะสังคมพืชเปลี่ยนไปจากเดิมได้ โดยเฉพาะพื้นที่ใกล้ลำห้วยหรือมีน้ำท่วมมีการเปลี่ยนสภาพไปเร็วกว่าป่าที่อยู่ห่างจากลำห้วย

สรุป

ป่าเต็งแคระ บริเวณวนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ สามารถจำแนกเป็นสังคมย่อยตามชนิดไม้เด่นได้ 3 สังคม ได้แก่ สังคมเต็ง สังคมรัง และสังคมขันทองพยาบาท โดยสังคมที่ยังคงสภาพเป็นป่าเต็งรังแคระดั้งเดิมคือสังคมเต็ง ส่วนสังคมรังมีองค์ประกอบชนิดไม้ต้นเปลี่ยนไปจากเดิมเล็กน้อย เนื่องจากมีชนิดไม้ไม่ผลัดใบและชนิดไม้ในป่าผสมผลัดใบเข้ามาตั้งตัวแทนที่ไม้ดัชนีดั้งเดิม เช่น สะเดาปัก ประดู่ และ เสี้ยวเครือ เป็นต้น ส่วนสังคมขันทองพยาบาทมีลักษณะสังคมพืชและองค์ประกอบชนิดไม้ต้นแตกต่างจากป่าเต็งรังแคระดั้งเดิมมากที่สุด เนื่องจากมีขันทองพยาบาทซึ่งเป็นไม้ไม่ผลัดใบเป็นไม้เด่น ส่วนไม้รังปรากฏอยู่ในระดับความสำคัญที่ต่ำมาก นอกจากนั้นยังพบว่า ธาตุอาหารมีผลต่อการปรากฏของชนิดไม้เด่นโดยในสังคมเต็งถูกกำหนดด้วยปริมาณฟอสฟอรัส สังคมรังถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียว และปริมาณธาตุอาหาร (อินทรียวัตถุ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) ส่วนสังคมขันทองพยาบาทถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทราย

การป้องกันไฟป่าในพื้นที่ป่าเต็งรังแคระเป็นเวลานานกว่า 40 ปี มีผลทำให้การสะสมธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้น และสามารถทำให้ลักษณะสังคมพืชเปลี่ยนไปจากเดิมได้ ดังนั้นมาตรการจัดการด้านไฟป่าโดยการควบคุม เช่น การชิงเผาตามหลักวิชาการ อาจช่วยให้การสืบต่อพันธุ์ของไม้ดัชนีในป่าเต็งรังดำรงอยู่ได้ และทำให้ป่าเต็งรังแคระแห่งนี้สามารถคงสภาพของสังคมพืชดั้งเดิมต่อไปได้เป็นเวลานาน

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ หัวหน้าวนอุทยานแพะเมืองผีและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่สนับสนุนพื้นที่การศึกษาวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทที่ช่วยเหลือการเก็บข้อมูลภาคสนาม และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และคณาจารย์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติทุกท่าน ที่สนับสนุนงานวิจัยตลอดมา อีกทั้งขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้การทำวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Akaakara, S. 2000. **Forest Fire Control for Thailand**. Forest Fire Control Division, Forest Protection and Fire Control Bureau, Royal Forest Department, Bangkok.(in Thai)

Asanok, L., T. Kamyo, M. Norsaengsri, P. Salinlal-um, K. Rodrungruang, N. Karnasuta, S. Navakam, S. Pattanakiat, D. Marod, P. Duengkae and U. Kutintara. 2017. Vegetation community and factors that affect the woody species composition of riparian forests growing in an urbanizing landscape along the Chao Phraya River, central Thailand. **Urban Forestry & Urban Greening** 28 :138–149

Boonnam, C. 2014. **Effect of fire on vegetation structure and species composition along the edges of dry evergreen forest at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province**. M.S. Thesis, Kasetsart Universtiy, Bangkok. (in Thai)

Bunyavejchewin, S. 2012. **Structure and Dynamics of Deciduous Dipterocarp Forest**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Bunyavejchewin, S., Y. Jamlongrat, R. Buasalee and P. Rayanggul. 2016. **Trees & forest of Huai Kha Kaeng Wildlife Sanctuary**. Amarin Printing & Publishing, Bangkok. (in Thai)

Chong, K., R. Chonga, L. Tana, A. Yee, M. Chua, K. Wongd and H. Tan. 2016. Seed production and survival of four dipterocarp species in degraded forests in Singapore. **Plant Ecology & Diversity** 9 (5): 483–490.

Chaturvedi, R. and A. Raghubanshi. 2018. Effect of soil moisture on composition and diversity of trees in tropical dry forest. **MOJ Ecology & Environmental Science**. 3(1): e00059

Craine, J., B. Engelbrecht, C. Lusk, N. McDowell and H. Poorter. 2012. Resource limitation, tolerance, and the future of ecological plant classification. **Frontiers in Plant Science** 3: 246.

Cooling, E.N. 1968. **Fast growing timber trees of the lowland tropics. No. 4. *Pinus merkusii*.** Commonwealth Forestry Institute, Department of Forestry, University of Oxford, UK.

Eghdami, H., G. Azhdari, P. Lebailly and H. Azadi. 2019. Impact of land use changes on soil and vegetation characteristics in Fereydan, Iran. **Agriculture** 9 (3): e58.

Gray, J.M. and B.W. Murphy. 1999. **Parent Material and Soils A Guide to the Influence of Parent Material on Soil Distribution in Eastern Australia.** Centre for Natural Resources, Ecosystem Management, Cowra, NSW Department of Land and Water Conservation, Australia.

Kent, M., R. Lues and P. Coker. 1994. The general classification of rhesus macaques, *Macaca mulatta*. **International Journal of Biology Assay** 11(6): e363.

Kim, H. and X. Li. 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in Lantana. **HORTSCIENCE** 51(8):1001–1009.

Krishna, M. and M. Mohan. 2017. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. **Energy, Ecology and Environment** 2(4): 236–249.

Kome, G., R. Enang, F. Tabi and B. Yerima. 2019. Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: a review. **Open Journal of Soil Science** 9: 155-188.

Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Laing, R.S., K.H. Ong, R.J.H. Kueh, N.G. Mang, P.J.H. King and M. Sait. 2019. Stand structure, floristic composition and species diversity along altitudinal gradients of a Bornean mountain range 30 years after selective logging. **Journal of Mountain Science** 16(6): 1419-1434.

Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka and T. Nakashizuka. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. **Plant Ecology** 161: 41–57.

Marod, D. 2011. **Sampling Technique and Plant Community Analysis**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Marod, D., P. Duengkae, J. Thongsawi, W. Phumphuang, S. Thinkampheang, A. Kullawong and S. Hermhuk. 2017. Tree stands clustering and carbon stock assessment of deciduous dipterocarp forest at Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 1(1): 1–9. (in Thai)

Marod D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Kasetsart University. Akson Siam Printing House. Bangkok.

McCune, B. and M. J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 6.0 for Windows.** MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

Mueller, K., S. Hobbie, J. Oleksyn, P. Reich and D. Eissenstat. 2012. Do evergreen and deciduous trees have different effects on net N mineralization in soil? **Ecology** 93(6): 1463–1472.

Oosting, H. 1956. **The Study of Plant Communities 2nd edition**.Freeman, San Francisco, USA.

Pairuang, N., C. Thapyai and L. Asanok. The influence of fire protection on plant community changes in Sakunothayan botanical garden, Wang Thong district, Phitsanulok province. **Thai Journal of Forestry** 39 (1): 28-40. (in Thai)

Phae Muang Phi Forest Park. 2019. **The report of Phae Muang Phi**. Protected Area Regional Office 13 Phrae Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Phrae Meteorological Station. 2015. **Data of Meteorological Station Phrae**. Thai Meteorological Department, Bangkok. (in Thai)

Pooma, R. and S. Suddee. 2014. **Tem Smitinand's Thai Plant Names, revised edition 2014.** Office of the Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Pobladorm S., Z. Thomas, P. Rousseau-Gueutin, S. Sabaté and F. Sabater.2018. Riparian forest transpiration under the current and projected Mediterranean climate: Effects on soil water and nitrate uptake. **Ecohydrology** 12 (1): e2043.

Plassard, C. and B. Dell. 2010. Phosphorus nutrition of mycorrhizal trees. **Tree Physiology** 30: 1129–1139.

Richards, P.W, A.G. Tansley and A.S. Watt. 1940. The recording of structure, life form and flora of tropical forest communities a basis for their classification. **Journal of Ecology** 28: 224-239.

Santisuk, T. 2012. **Forest of Thailand**. The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Prachachon Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)

Schaller J., A. Tischer, E. Struyf, M. Bremer, M. Belmonte and D. Potthast. 2015. Fire enhances phosphorus availability in top-soils depending on binding properties. **Ecological Society of America** 96 (6): 1598–1606.

Sahunalu P. 1998. Species diversity of trees in dry dipterocarp forest at Sakaerat, Nakornratchasima II. Species number and species diversity expectations from tree individuals. **Thai Journal of Forestry** 17: 26-35. (in Thai)

Sonkanha, W.S., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and T. Artchawakom. 2012. Soil characteristics under various types of forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal** 40: 7-18.

Tripathi S. and A. S. Raghubanshi. 2014. Seedling growth of five tropical dry forest tree species in relation to light and nitrogen gradients. **Plant Ecology** 7 (3): 250–263.

Tansley A. G. 1939. The plant community and ecosystem. **Journal of Ecology** 27: 513-530.

Wallace, K., D. Laughlin, B. Clarkson and L. Schipper. 2018. Forest canopy restoration has indirect effects on litter decomposition and no effect on denitrification. **Ecosphere** 9 (12): e02534.

Wanthongchai, K., J. Bauhus and J.G. Goldammer. 2014. Effects of past burning frequency on woody plant structure and composition in dry dipterocarp forest. **Thai Journal of Forestry** 33(3): 109–130.

Wattanasuksakul, S., S. Khamyong, N. Anongrak and K. Sri-ngernyuang. 2012. Impacts of forest fire on soil physic-chemical properties and nutrient storages in dry dipterocarp forest in Takin Silvicultural Research Station, Chiang Mai province. **Journal of Agriculture** 28(1): 19–29. (in Thai)

Winichsorn, B. 1997. **Seven-year vegetation and soil dynamics after burning in dry dipterocarp forest at Sakaerat, Nakhon Ratchasima Province**. M.S. Thesis. Kasetsart Universtiy, Bangkok. (in Thai)

Zhao, Q., S. Ding, Q. Liu, S. Wang, Y. Jing and M. Lu. 2020. Vegetation influences soil properties along riparian zones of the Beijiang River in Southern China. **PeerJ** 8: e9699.